

## Importância e Dinâmica de Caracteres na Aveia Produtora de Grãos



ISSN 1516-8840

Maio, 2014

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Clima Temperado*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 376**

## **Importância e Dinâmica de Caracteres na Aveia Produtora de Grãos**

Maraisa Crestani Hawerroth

Rosa Lía Barbieri

José Antonio Gonzalez da Silva

Fernando Irajá Félix de Carvalho

Antonio Costa de Oliveira

Embrapa Clima Temperado

Pelotas, RS

2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado  
BR 392 Km 78  
Caixa Postal 403, CEP 96010-971- Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
Home Page: [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
E-mail: [cpact.sac@embrapa.br](mailto:cpact.sac@embrapa.br)

#### **Comitê de Publicações**

Presidente: *Ariano Martins de Magalhães Júnior*

Secretária - Executiva: *Bárbara Cosenza*

Membros: *Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho*

Suplentes: *Isabel Helena Vernetti Azambuja e Beatriz Marti Emygdio.*

Revisão de texto: *Eduardo Freitas de Souza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Daiele Silva da Rosa (estagiária)*

Fotos: *Maraísa Crestani Hawerth*

#### **1ª edição**

1ª impressão (2014): 30 exemplares

#### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei N° 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Clima Temperado

- 
- 134 Importância e dinâmica de caracteres na aveia  
produtora de grãos / Maraísa Crestani Hawerth [et al.]. –  
Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

56 p.

1. Aveia. 2. Características agronômicas. 3. Melhoramento genético vegetal. I. Hawerth, Maraísa Crestani. II. Série.

# **Autores**

## **Maraisa Crestani Hawerth**

Engenheira-agrônoma, D. Sc. em Agronomia,  
pesquisadora da Epagri, Estação Experimental de  
Caçador, Caçador, SC,  
maraisahawerth@epagri.sc.gov.br

## **Rosa Lía Barbieri**

Bióloga, D.Sc. em Genética e Biologia Molecular,  
pesquisadora da Embrapa Clima Temperado,  
Pelotas, RS, lia.barbieri@embrapa.br

## **José Antonio Gonzalez da Silva**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia,  
professor da Universidade Regional do  
Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí,  
RS, jagsfaem@yahoo.com.br

## **Fernando Irajá Félix de Carvalho**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D., professor  
aposentado da Universidade Federal de Pelotas,  
Pelotas, RS,  
carvalho@ufpel.edu.br

## **Antonio Costa de Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D., professor da  
Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS,  
acostol@cgfufpel.org



# **Apresentação**

Grandes resultados foram obtidos pelos programas de melhoramento genético da aveia branca (*Avena sativa* L.) no Brasil nos últimos 50 anos. A partir de genótipos com características de planta essencialmente forrageira, conseguiu-se desenvolver cultivares com biótipo agrônomo de planta produtora de grãos, com elevado potencial produtivo e qualidade de grãos, altamente ajustadas aos ambientes de cultivo brasileiros. A Embrapa Clima Temperado é parceira do Programa de Melhoramento Genético de Aveia Branca conduzido pela Universidade Federal de Pelotas (UFPe), colaborando com atividades de pesquisa e contribuindo com a divulgação de conhecimento científico gerado a respeito dessa cultura, que é de grande importância para o setor produtivo agrícola da região de clima temperado no Brasil.

Esta publicação apresenta uma revisão sobre a importância e a dinâmica dos caracteres de interesse agrônomo na cultura da aveia branca destinada à produção de grãos, enfatizando as peculiaridades dos caracteres componentes da qualidade e do rendimento industrial de grãos, no que diz respeito à interação genótipo x ambiente.

Clenio Nailto Pillon  
Chefe-Geral  
Embrapa Clima Temperado



# Sumário

Introdução .....	9
Dinâmica de caracteres na definição do potencial de rendimento de grãos .....	15
Caracteres importantes para a qualidade industrial dos grãos da aveia branca .....	23
A interação genótipo vs. ambiente em caracteres de produção e qualidade de grãos em aveia .....	27
A interação genótipo vs. ambiente e seus efeitos na composição química e estrutural dos grãos .....	30
Considerações finais .....	40
Referências .....	41





# Importância e Dinâmica de Caracteres na Aveia Produtora de Grãos

---

***Maraisa Crestani Hawerroth***

***Rosa Lia Barbieri***

***José Antonio Gonzalez da Silva***

***Fernando Irajá Félix de Carvalho***

***Antonio Costa de Oliveira***

## Introdução

A aveia branca (*Avena sativa* L.) pertence à família Poaceae, subfamília Poideae, tribo Avenae. Possui um número cromossômico básico igual a 7, sendo que no gênero *Avena* são observadas espécies com três níveis de ploidia: diploides ( $2n=2x=14$ ), tetraploides ( $2n=4x=28$ ) e hexaploides ( $2n=6x=42$ ) (TAVARES et al., 1993). No grupo hexaploide, a *Avena sativa* L., juntamente com *Avena byzantina* K. Koch e a *Avena nuda* L. são as mais importantes economicamente entre as espécies cultivadas. A *Avena sativa* caracteriza um alopoliploide natural, constituído pelos genomas ACD, e que apresenta meiose regular, semelhante a indivíduos diploides (HOLDEN, 1979).

Há evidências de que a aveia branca tenha como centro de origem a Ásia e o Oriente Médio. De acordo com Coffman (1961), no princípio, a aveia persistiu como planta invasora em lavouras de trigo (*Triticum* spp.) e cevada (*Hordeum* spp.), que eram as culturas mais importantes naquele momento. Segundo o mesmo autor, a aveia branca foi introduzida na Europa juntamente com as sementes de trigo e cevada, e à medida que essas espécies foram sendo dispersas para ambientes mais frios e úmidos, a aveia foi ganhando competitividade e, finalmente, foi domesticada como uma lavoura alternativa, se tornando importante para a alimentação humana e animal.

Os primeiros trabalhos de experimentação com aveia branca no Brasil foram realizados na década de 1930, com o teste de cultivares introduzidas no país trazidas da Argentina e do Uruguai (BOERGER, 1943). Na década de 1960, as principais cultivares adotadas nas lavouras brasileiras eram a Coronado e Suregrain, trazidas dos EUA, e as primeiras cultivares lançadas no Brasil foram originadas pela seleção de linhas puras introduzidas (FEDERIZZI et al., 2005). As cultivares de aveia branca introduzidas e inicialmente desenvolvidas pelos programas de melhoramento apresentavam reduzido potencial produtivo, e eram pouco adaptadas às condições locais.

Em 1974, com o retorno de seu doutorado nos Estados Unidos da América, o professor Fernando Irajá Félix de Carvalho trouxe para a Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) uma coleção de linhas puras e populações segregantes de aveia branca em geração  $F_2$  obtidas na Universidade de Wisconsin, e junto com os demais pesquisadores dessa Instituição iniciou um intenso trabalho de melhoramento da espécie, representando, a partir daí, o início da atual fase do melhoramento genético de aveia no Brasil (FEDERIZZI et al., 2005).

Os trabalhos de melhoramento realizados no Brasil, principalmente na Região Sul, proporcionaram o desenvolvimento de genótipos adaptados aos locais de cultivo brasileiros, mudando o tipo agrônomo da cultura em relação às primeiras cultivares adotadas no País. De acordo com Barbosa Neto et al. (2000), as primeiras cultivares introduzidas, bem como as lançadas nas décadas de 1950, 1960 e início da década de 1980, apresentavam biótipo de uma planta essencialmente forrageira, com estatura mais elevada, ciclos de desenvolvimento tardio, e menor rendimento e qualidade de grãos em relação às cultivares desenvolvidas na década de 1990, as quais já apresentavam características típicas de plantas produtoras de grãos.

A grande modificação em plantas de aveia visando à produção de grãos foi inicialmente preconizada com a prospecção de genes

de grande efeito no caráter, e pequena participação dos efeitos de ambiente, permitindo a drástica modificação fenotípica da planta em relação a caracteres qualitativos. Trabalhos iniciados com plantas de aveia branca com elevadas estaturas, tardias em relação ao ciclo de desenvolvimento, e grandes produtoras de palha em detrimento do grão (relação palha:grão de 10:1), permitiram progressos extremamente drásticos, resultando no lançamento de muitas cultivares de aveia branca com estatura de planta inferiores a 1,0 metro, com reduzido ciclo de desenvolvimento (inferiores a 120 dias), e reduzida relação palha:grão (próxima a 3:1) (BARBOSA NETO et al., 2000; REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 2010). A modificação desses caracteres permitiu o surgimento de genótipos superiores em produtividade de grãos, mais ajustados ao sistema de cultivo adotado no Brasil, com maior resistência ao acamamento, e responsivos à adubação nitrogenada, proporcionando ganhos expressivos na adaptabilidade e estabilidade (Figura 1). Após esse progresso, outras modificações em caracteres controlados por genes menores (de pequeno efeito) e grande participação do ambiente foram incorporados aos novos genótipos, com o objetivo de obtenção de progressos em caracteres quantitativos, e responsáveis pelo incremento da produtividade e qualidade de grãos, e rendimento industrial. Grandes avanços foram alcançados em relação ao rendimento de grãos, contudo, a seleção visando a incrementos na produtividade é sensivelmente dificultada pela reduzida eficiência em identificar genótipos superiores, em virtude da instabilidade e reduzida adaptabilidade dos genótipos de aveia branca, o que também pode ser verificado entre constituições genéticas fixas elite (CRESTANI et al., 2010).



**Figura 1.** Cultivar de aveia branca Barbarasul, lançada para cultivo comercial no ano de 2008 pelo programa de melhoramento genético de aveia branca do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, Universidade Federal de Pelotas (CGF/Faem-UFPel).

Em virtude dos bons resultados alcançados com o melhoramento da aveia branca no Brasil, o País deixou de ser um importador, se tornando um produtor de grãos de qualidade, refletindo no surgimento de indústrias de pequeno porte, com função de transformação e processamento dos grãos para a elaboração de produtos destinados à dieta humana (FEDERIZZI et al., 2005). Desde então, é crescente a demanda por cultivares elite, que apresentam elevado rendimento e qualidade de grãos, resistentes e tolerantes a estresses bióticos e abióticos, e que evidenciem adaptabilidade e

estabilidade nos diferentes ambientes de cultivo brasileiros (Figuras 2 e 3).



**Figura 2.** Ensaio integrante da rede de ensaios nacionais de cultivares de aveia branca da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, conduzido no Município de Capão do Leão, RS, no ano de 2009, pelo Centro de Genômica e Fitomelhoramento, Universidade Federal de Pelotas (CGF/Faem-UFPel).

A cultura da aveia branca tem assumido um papel cada vez mais importante como cultivo de estação fria no sistema de produção do sul do País. Atualmente a aveia é o quinto cereal mais cultivado no Brasil, constituindo o grupo das dez culturas anuais mais trabalhadas, com aproximadamente 180.245 hectares cultivados no ano de 2012, com produção total de 392.367 toneladas de grãos e produtividade média de 2.177,00 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2013).

A razão principal para o aumento do cultivo dessa espécie é a sua ampla aptidão agrícola. É utilizada como cobertura do solo no

sistema de semeadura direta, e como adubo verde, apresentando um reconhecido efeito de recuperação e conservação do solo, além de ser adotada na alimentação animal, formando pastagens em cultivo isolado ou consociado, produção de feno e silagem, e farelo de grãos (CARVALHO et al., 1987). A inclusão dessa cultura nos sistemas de produção propicia melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 1998), auxiliando na redução de moléstias e pragas de outras culturas e no controle alelopático sobre algumas plantas daninhas (ROMAN; VELLOSO, 1993; JACOBI; FLECK, 2000). Em virtude da composição química e estrutural do grão de aveia branca ser única dentre todos os cereais, tem recebido atenção quanto a sua aplicabilidade como alimento de excelência destinado ao consumo humano. Dessa forma, a aveia branca representa uma excelente alternativa de diversificação e contribuição para a efetividade econômica do sistema produtivo.





**Figura 3.** Detalhe dos grãos das cultivares de aveia branca FAEM 04 Carlasul (a) e FAEM 05 Chiarasul (b), lançadas para cultivo comercial no ano de 2010 pelo programa de melhoramento genético de aveia branca do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, Universidade Federal de Pelotas (CGF/Faem-UFPel).

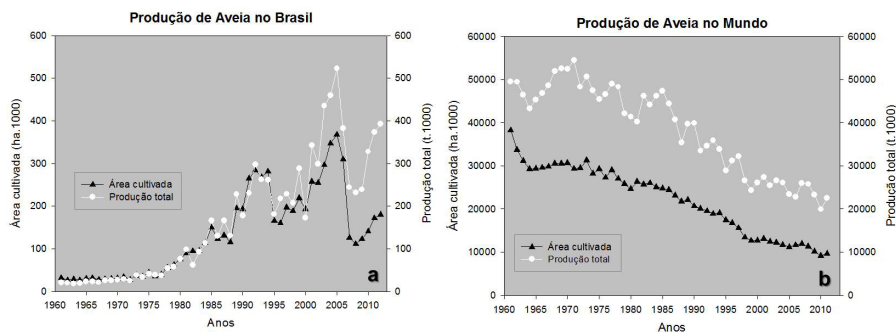
Esta revisão tem como objetivo apresentar alguns resultados gerados pela comunidade científica, contemplando a dinâmica dos principais caracteres de importância da aveia branca trabalhados na busca do incremento do potencial produtivo e qualidade de grãos.

## **Dinâmica de caracteres na definição do potencial de rendimento de grãos**

O melhoramento genético da aveia branca no Brasil possibilitou o aumento considerável do potencial de rendimento de grãos nessa



espécie, mudando consideravelmente seu cenário produtivo no País. Atualmente, a aveia é o quinto cereal mais cultivado, constituindo o grupo das dez culturas anuais mais trabalhadas no País, apresentando aproximadamente 180.245 hectares cultivados no ano de 2012, com produção total de 392.367 toneladas de grãos e uma produtividade média de 2.177,00 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2013). De acordo com a Figura 4.a, é possível observar a evolução da área cultivada e produção dessa cultura em nível nacional nas últimas cinco décadas, a qual acompanha o avanço dos estudos e o melhoramento genético efetuados ao longo desse período pelos programas de melhoramento da aveia desenvolvidos principalmente na região Sul do País. Este trabalho resultou no incremento da produtividade média do gênero *Avena* no Brasil em aproximadamente quatro vezes ao observado no ano de 1961, no qual era registrada a produtividade média de grãos em torno de 664,80 Kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2013). Atualmente, é possível verificar produtividades superiores a 6000 kg de grão por hectare, resultado do constante desenvolvimento de novas cultivares fortemente adaptadas aos ambientes de cultivo brasileiros, aliado às melhorias das tecnologias de cultivo (REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 2010).



**Figura 4.** Série histórica da área cultivada e produção total de aveia em grão (gênero *Avena*) registrada no Brasil (a) e no Mundo (b) no período compreendido entre os anos de 1961 - 2012, segundo dados divulgados pelo IBGE (2013) e FAOSTAT (2013).

Ao analisar o comportamento da produção mundial de aveia de

1961 a 2011, apresentado na Figura 4.1.b, é possível detectar um declínio constante da área cultivada e da produção total de grãos ao longo dos últimos 50 anos. Por outro lado, existem expectativas de aumento da produção da cultura em virtude do maior conhecimento dos benefícios desse alimento à saúde humana, aumentando assim sua procura e seu consumo em prol de dietas mais saudáveis. Esse fato vem sendo fortemente refletido na indústria de alimentos, a qual tem disponibilizado constantemente uma vasta gama de alimentos industrializados atrativos, utilizando o grão de aveia branca como base.

Muitos trabalhos vêm sendo realizados buscando informações a respeito dos efeitos envolvidos na expressão fenotípica dos caracteres de importância na cultura da aveia branca e suas inter-relações. Esses estudos têm proporcionado informações importantes para o conhecimento da dinâmica da expressão fenotípica dos caracteres na cultura da aveia branca, auxiliando no planejamento de estratégias adotadas pelos programas de melhoramento que visam a maiores ganhos genéticos e ao sucesso com o processo de seleção.

A propriedade quantitativa do caráter rendimento de grãos faz com que um grande número de atributos da planta seja decisivo para a definição do seu potencial produtivo, abrangendo desde seu desempenho quanto à estatura média de planta, ciclo de desenvolvimento, componentes diretos e indiretos do rendimento de grãos, até seu comportamento frente a estresses bióticos e abióticos. Entretanto, os caracteres número de filhotes férteis por área, número de grãos por panícula e massa média de grãos caracterizam os componentes diretos do rendimento de grãos na cultura da aveia branca, representando caracteres de grande importância (GRAFIUS, 1978).

Segundo Barbosa Neto et al. (2000), o ganho genético observado sobre a produtividade de grãos em cultivares de aveia lançadas e/ou adotadas no Brasil entre os anos de 1955 e 1996 não foi decorrente

da influência decisiva de um caráter agrônômico de forma isolada; todavia, o componente do rendimento que mais contribuiu para o incremento da produtividade de grãos foi a massa média do grão. Segundo esses autores, nesses 40 anos foi constatado o ganho genético de aproximadamente 20% sobre o desempenho médio nesse caráter, correspondendo ao aumento de 0,5 mg na massa média de grão ao ano, enquanto os demais componentes diretos do rendimento não sofreram progresso genético expressivo durante esse período. Conforme justificado por esses autores, esses resultados são decorrentes do método de seleção adotado pelos programas de melhoramento da aveia branca no Brasil, caracterizado pela escolha individual de panículas, e descarte após a trilha daquelas com grãos pequenos ou desuniformes, exercendo forte pressão de seleção para incrementar a massa média do grão.

Apesar dos resultados constatados por Barbosa Neto et al. (2000), trabalhos desenvolvidos com genótipos fixos e em populações segregantes de aveia branca demonstram que o caráter massa média de grãos apresenta associações pouco constantes com o rendimento de grãos, ou mesmo inexistentes, e quando presentes, é comum evidenciar reduzida magnitude (CAIERÃO et al., 2001; BENIN et al., 2003; BENIN et al., 2005a; HARTWIG et al., 2006). Caierão et al. (2001) verificaram relações positivas entre a massa de mil grãos, número de grãos por panícula e massa de panícula com o rendimento de grãos em linhagens de aveia branca; entretanto, apenas a massa de panícula evidenciou efeito direto e de elevada magnitude sobre o rendimento. Logo, esses autores sugeriram que a massa de panícula caracteriza um caráter promissor na seleção indireta visando ao incremento do rendimento de grãos, concordando com Marchioro et al. (2003), Benin et al. (2003) e Hartwig et al. (2006), que realizaram avaliações em populações altamente segregantes de aveia branca.

Vale salientar que, de forma geral, as associações e os efeitos diretos e indiretos dos caracteres de interesse na maioria das vezes apresentam diferentes sentidos e magnitude quando se considera

diferentes grupos de indivíduos e distintos ambientes de cultivo. Isso se deve ao fato de o conceito de correlação ser semelhante àquele de herdabilidade, devendo ser restrito à constituição genética avaliada e ao ambiente sob estudo (BENIN et al., 2005a). Essa inconstância de resultados pode ser atribuída aos efeitos modificadores do ambiente e aos diferentes mecanismos fisiológicos envolvidos no controle da expressão dos caracteres (FALCONER; MACKAY, 1996; CARVALHO et al., 2004), assim como às diferenças na capacidade de combinação apresentadas pelos genitores (LORENCETTI, 2004). Dessa forma, a eficiência de seleção também é altamente dependente da combinação das constituições genéticas utilizadas nas hibridações artificiais, sendo necessário avaliar o comportamento dos principais genitores utilizados pelos programas de melhoramento genético da aveia branca, a fim de possibilitar a escolha mais criteriosa de estratégias de seleção a serem empregadas, fundamentais para a otimização do ganho genético (BENIN et al., 2003; BENIN et al., 2005a).

A seleção indireta para o rendimento de grãos praticada com base na massa da panícula apresenta a vantagem de poder ser praticada a partir da mensuração direta da massa da panícula, sem a necessidade de trilhar, limpar, e posteriormente contar e mensurar a massa de grãos (KUREK et al., 2002a). Entretanto, Chapko e Brinkmann (1991) não identificaram genótipos superiores com a seleção praticada com base na massa de panícula, permitindo apenas eliminar genótipos de reduzido rendimento a partir do descarte dos indivíduos que apresentavam as panículas mais leves. Nesse sentido, Caierão et al. (2001) sugerem que a utilização do caráter massa de panícula na seleção deve ser acompanhada pela avaliação de outros caracteres auxiliares, como massa de mil grãos e número de grãos de panícula, visto que parte da contribuição da massa de panícula sobre o rendimento de grãos pode ser decorrente do auxílio indireto de outros componentes da panícula.

Marchioro et al. (2003) observaram que a semeadura da aveia em cova (15 sementes por cova, com 0,45 m entre covas), promoveu a reduzida

participação do ambiente na expressão da massa de panícula e da massa de grãos por panícula, e consequente maior herdabilidade, em comparação à condução das plantas em linha cheia (65 sementes por metro linear e 0,2 m entre linhas) e em plantas espaçadas (0,2 m entre plantas e entre linhas). Esses autores chamam a atenção ao fato da eficiência de seleção na cultura da aveia branca poder ser maximizada quando praticada em ambientes de cultivo que proporcionem maior herdabilidade em caracteres de interesse, que nesse caso foi observada quando as plantas foram cultivadas em alta competição, semeadas em cova.

Diferentemente de outros cereais, na aveia branca a massa de grãos presente na panícula corresponde a aproximadamente 80% a 85% da massa da panícula (CAIERÃO et al., 2001; CHANDHANAMUTTA; FREY, 1973). Trabalhos demonstram a elevada relação positiva da massa da panícula com o número de grãos e com a massa de grãos por panícula e, ao mesmo tempo, sugerem que o incremento da massa da panícula principal em aveia branca pode ser decorrente principalmente do aumento do número de grãos por panícula, com menor efeito da massa média de grãos (CHANDHANAMUTTA; FREY, 1973; CHAPKO; BRINKMANN, 1991; KUREK et al., 2002a; MARCHIORO et al., 2003; HARTWIG et al., 2006). Na revisão bibliográfica realizada por Feil (1992), esse autor destacou que na maioria dos trabalhos de melhoramento realizados com cereais, o incremento no número de grãos por unidade de área caracterizou o componente de maior importância no incremento do rendimento de grãos. Todavia, a seleção indireta para o incremento do rendimento de grãos praticada por meio da escolha de indivíduos com elevado número de grãos por panícula pode promover a obtenção de genótipos de aveia branca altamente produtivos, mas com grãos de tamanho reduzido. O caráter número de grãos por panícula tende a evidenciar relação negativa com a massa média de grãos, e dessa forma o progresso genético para o rendimento industrial de grãos nessa espécie poderá ser dificultado (CAIERÃO et al., 2001; KUREK et al., 2002a; BENIN et al., 2005a).

Benin et al. (2003) e Hartwig et al. (2006) verificaram em populações segregantes de aveia branca correlações positivas da estatura de planta com a massa de panícula, massa de grãos da panícula, e com o rendimento de grãos por planta. Hartwig et al. (2006) chamam a atenção ao fato de plantas altas expressarem vantagens fisiológicas sobre as concorrentes, o que pode explicar tais correlações, e sugerem que a seleção no sentido de reduzir a estatura de planta poderá indiretamente levar à seleção de plantas com menor potencial produtivo. Por outro lado, é possível que, mesmo sendo menos produtivas quando conduzidas individualmente (sem competição), as plantas caracterizem constituições genéticas promissoras quando cultivadas em lavouras comerciais, por permitirem maior densidade de semeadura e adoção de maior nível de adubação, sem implicações no acamamento, fator que promove grandes perdas no rendimento e na qualidade de grãos na lavoura de aveia branca (HARTWIG et al., 2007).

A estatura de planta tem sido o caráter adotado na seleção indireta de plantas resistentes ao acamamento em programas de melhoramento de cereais de estação fria em todo o mundo (KELLER et al., 1999), pois caracteriza um caráter de fácil mensuração, e está intimamente relacionado à ocorrência do acamamento em cereais, inclusive na aveia branca (ALFONSO, 2004; VERMA et al., 2005; CRUZ et al., 2001). A estatura de planta de aveia branca demonstra ser governada por um pequeno número de genes, onde o efeito aditivo tem grande importância, além de evidenciar elevada herdabilidade no sentido amplo quando as populações segregantes são conduzidas de forma adequada (MARIOT et al., 1999), o que sugere a grande possibilidade de obtenção de ganhos genéticos com a seleção. A obtenção de genótipos de aveia branca com reduzida estatura é decorrente da existência de oito genes de nanismo (genes *Dw*), em que os genes *Dw6* e *Dw7* são os mais comumente disponíveis nos bancos de germoplasma dos programas de melhoramento dessa cultura (MILACH; RINES, 1998).

O número de panículas por planta pode constituir um caráter eficiente a ser adotado na seleção indireta, buscando o elevado rendimento de grãos. Esse caráter revela elevada relação com o rendimento de grãos em plantas individuais, demonstrando ser um parâmetro importante a ser considerado no momento da seleção indireta (PERT; FREY, 1966; BENIN et al., 2003; BENIN et al., 2005a; HARTWIG et al.; 2006). Avaliando dez populações segregantes de aveia branca nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ , Hartwig et al. (2006) verificaram em todas as populações avaliadas a correlação positiva entre o número de panículas por planta e o rendimento de grãos da planta, tanto nas gerações  $F_2$  quanto com o seu avanço à geração  $F_3$ , sugerindo que a seleção indireta com base nesse caráter pode ser iniciada já na primeira geração de seleção (geração  $F_2$ ).

Uma das dificuldades que vem sendo trabalhada no melhoramento da aveia branca é a reunião de genes favoráveis para produtividade e para precocidade em um mesmo genótipo. A redução do ciclo de desenvolvimento da cultura da aveia tem sido buscada em virtude da necessidade do ajuste da adoção dessa cultura ao sistema de cultivo adotado no Brasil, a fim de permitir que as lavouras de estação fria completem seu ciclo até o período preferencial de instalação da cultura subsequente de estação quente, que muitas vezes representa a cultura de maior retorno econômico na propriedade (HARTWIG et al., 2007).

Caierão et al. (2001) observaram efeito direto positivo do número de dias da emergência à maturidade fisiológica sobre o rendimento de grãos em linhagens de aveia branca, sugerindo que genótipos com ciclos de desenvolvimento mais longos tendem a expressar rendimentos de grãos superiores. Além disso, correlações negativas entre os dias da emergência à floração (período vegetativo) com os dias da floração à maturidade fisiológica (período reprodutivo) também são constatadas (CAIERÃO et al., 2001; HARTWIG et al., 2006). Esses resultados indicam que os genótipos de aveia branca apresentam um efeito compensatório entre o período vegetativo

e o reprodutivo em relação à duração do ciclo completo de desenvolvimento, sendo que, quando o genótipo tem seu período vegetativo prolongado ou é caracteristicamente mais longo, o genótipo tende a encurtar o período reprodutivo. Em trabalhos com populações segregantes de aveia branca, foram constatadas relações predominantemente negativas entre o rendimento de grãos e a duração do período vegetativo (HARTWIG et al., 2006; LORENCETTI et al., 2004), e relações positivas do rendimento de grãos com o período reprodutivo (BENIN et al., 2003; HARTWIG et al., 2006). Dessa forma, a seleção de plantas que evidenciem menor período de dias da emergência à floração e maior período da floração à maturidade fisiológica poderá promover a obtenção de genótipos mais ajustados e produtivos.

Barbosa Neto et al. (2000) verificaram que o ganho genético obtido tanto sobre a duração do ciclo vegetativo quanto em relação ao rendimento de grãos na cultura da aveia branca foram lineares considerando a análise de cultivares de aveia branca lançadas no período de 1955 a 1996. De acordo com essa avaliação, as cultivares mais modernas apresentam período vegetativo mais curto (em dias), associado ao maior rendimento de grãos. Nesse período, compreendido por aproximadamente 40 anos, foi reduzida em 21% a duração do ciclo vegetativo (-1,5 dias ao ano), e incrementado em 22% o rendimento de grãos (+44,0 kg ha<sup>-1</sup> ao ano). Esses resultados indicam que, apesar das expressões fenotípicas desses caracteres muitas vezes revelarem relações de sentidos opostos, ganhos genéticos expressivos foram obtidos com o processo de seleção ao longo dos anos.

## **Caracteres importantes para a qualidade industrial dos grãos da aveia branca**

Os programas de melhoramento da aveia branca no Brasil têm buscado desenvolver genótipos com elevada qualidade de grãos, caracterizados por apresentar grãos grandes e com elevada massa,



utilizando como principal caráter alvo de seleção a massa de hectolitro (FEDERIZZI et al., 2005). Como resultado desse trabalho, expressivos ganhos genéticos foram obtidos, permitindo um incremento linear no desempenho da massa de hectolitro ao longo do avanço dos lançamentos de cultivares de aveia branca no período de 1955 a 1996, com desempenho 12% superior em relação ao início do período, correspondendo ao aumento de 400 g na massa de 100 L de grãos ao ano (BARBOSA NETO et al., 2000). Todavia, em virtude da elevada demanda por grãos de aveia e maior estruturação do setor industrial, o que tem sido visto é o refinamento em relação aos atributos considerados ideais para atender às necessidades das indústrias de alimentos, e conseqüentemente que definirão a aptidão de um genótipo como matéria-prima para o processamento de produtos destinados à alimentação humana. Entre esses, têm sido buscado genótipos que apresentem grãos grandes com reduzida massa de casca, facilidade no descasque mecânico e menor índice de quebra, elevada qualidade química de grãos, específica para os diferentes nichos de mercado, e caracteres sensoriais satisfatórios quando destinados à alimentação humana, como o odor, a cor, e o sabor.

Além da massa de hectolitro, a classificação da largura de grãos e o índice de descasque representam caracteres importantes na definição da qualidade industrial de um genótipo de aveia branca. Juntamente com o rendimento de grãos, esses componentes definirão o rendimento industrial, também denominado Avenacor (FLOSS et al., 2002). O rendimento industrial representa a porção de cariopse obtida após seleção e descasque dos grãos colhidos (Figura 5). Para o agricultor, o desempenho da cultivar em relação ao rendimento industrial é diferencial para sua adoção no que diz respeito à produção de grãos a serem comercializados com as indústrias de alimento, pois caracteriza o produto final que será remunerado.

Kurek et al. (2002a) constataram correlações genéticas positivas entre os caracteres massa de panícula e número de grãos por panícula com a porcentagem de cariopse, enquanto correlações negativas foram

verificadas entre a porcentagem de cariopse e a massa média de grãos. Todavia, Souza e Sorrels (1988) obtiveram correlações genéticas positivas entre o percentual de cariopse e a massa média de grãos. Dessa forma, tem sido sugerido que a relação entre esses caracteres está intimamente ligada à genealogia das populações segregantes avaliadas.



**Figura 5.** Avaliação dos caracteres componentes diretos e indiretos do rendimento industrial de grãos em aveia branca: a) Peneiramento das amostras em peneira ablonga, com orifícios com 2 mm de espessura; b) quantificação do número de grãos com diâmetro maior ou igual a 2 mm na amostra; c) descasque e quantificação da massa de cariopse da amostra proveniente de grãos com diâmetro maior ou igual a 2 mm.

Altas proporções de cariopse são de grande valor comercial na aveia branca. Entretanto, a seleção para grãos com maior massa poderá ou não reduzir o percentual de cariopse, visto que o aumento no percentual de cariopse no grão pode ser decorrente do aumento na massa da cariopse ou do decréscimo na massa de casca. Desse modo, é fundamental que uma forte pressão de seleção seja realizada no sentido de permitir o desenvolvimento de genótipos que evidenciem elevada massa de grãos associada ao alto percentual de cariopse.

O caráter percentual de cariopse em aveia branca parece ser governado por poucos genes de efeitos aditivos, além de apresentar elevada herdabilidade, indicando que o processo de seleção pode ser

iniciado já em gerações altamente segregantes (KUREK et al., 2002b). Avaliando o desempenho de cultivares de aveia branca quando submetidas a diferentes formas de descasque, Doehlert et al. (1999) observaram que as cultivares que apresentavam menor porcentagem de cariopse proporcionaram os maiores valores percentuais de cariopse após o descascamento mecânico, e também os menores índices de quebra com esse processo. Esses autores concluíram que a presença de casca mais grossa promovia maior proteção dos grãos, e consequentemente favorecia a menor ocorrência de quebras com o processo de descascamento mecânico. Dessa forma, salienta-se a importância da avaliação dos genótipos não apenas quanto à porcentagem de cariopse produzida, mas também quanto ao rendimento de cariopse obtido com o descasque mecânico, pois esse é o processo adotado em nível comercial e que caracteriza um dos aspectos mais importantes na definição da aptidão industrial da cultivar de aveia branca na atualidade.

A largura e o comprimento do grão na aveia branca não parecem ser correlacionados, sugerindo que são caracteres independentes (BOTHONA et al.; 1999). Este comportamento pode estar relacionado ao fato de o comprimento do grão ser definido até o oitavo dia do seu desenvolvimento, enquanto a largura é definida ao longo de toda a fase de maturação, pois é um caráter dependente do enchimento do grão (MURPHY; FREI, 1962).

Avaliando o desempenho de cultivares de aveia branca, Crestani et al. (2008) verificaram correlações positivas e de elevada magnitude entre o rendimento de grãos e o rendimento industrial de grãos, e relações positivas, mas com menor magnitude, entre o rendimento industrial de grãos com o índice de grãos maiores que dois milímetros, massa média de grãos, massa de hectolitro, e com a massa de cariopse. Portanto, a busca pelo maior rendimento industrial poderá ser bem-sucedida com a seleção de genótipos que associem grãos de maior tamanho e elevada porcentagem de cariopse; entretanto, o elevado rendimento de grãos é de suma importância para a definição do

potencial industrial da constituição genética.

A uniformidade dos grãos de aveia branca também caracteriza um aspecto importante, visto que a produção de grãos de maior tamanho e com maior uniformidade garantirá a elevada qualidade industrial dos grãos, pelo seu maior aproveitamento pela indústria, reduzindo o descarte. Na cultura da aveia branca, o grão terciário tende a ser bem menor que o primário e o secundário (BOTHONA, 1997). A ocorrência de grãos terciários está relacionada a fatores de ambiente que alteram o suprimento de reservas para o enchimento de grãos (SYMONS; FULCHER, 1988), como é detectado com o controle de moléstias de parte aérea com aplicação de fungicidas (FLOSS et al., 2000). A seleção de genótipos que não apresentem grãos terciários pode contribuir para a maior uniformidade dos grãos produzidos.

## **A interação genótipo vs. ambiente em caracteres de produção e qualidade de grãos em aveia**

A interação entre genótipo e ambiente, definida como o desempenho diferenciado de constituições genéticas quando cultivadas em diferentes ambientes, é detectada quando o comportamento relativo do genótipo é variável de um ambiente para outro (FALCONER; MACKAY, 1996). Esse comportamento é comumente constatado com o cultivo da aveia branca nos diferentes ambientes do Sul do Brasil para vários caracteres de interesse, principalmente em relação à produtividade de grãos (FEDERIZZI et al., 1993; MARCHIORO et al., 2001; LORENCETTI et al., 2002; LORENCETTI et al., 2004; BENIN et al., 2005b; CRESTANI et al., 2010).

Entre as principais técnicas de manejo com potencial de proporcionar efeitos significativos no desempenho dos genótipos de aveia branca para os caracteres relacionados ao rendimento de grãos e à qualidade industrial, é possível destacar a variação na disponibilidade de nitrogênio e a aplicação de defensivos agrícolas para o controle de moléstias de parte aérea.

O rendimento de grãos na cultura da aveia branca é sensivelmente incrementado com a maior disponibilidade de nitrogênio (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2001; KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003b; CECCON et al., 2004), assim como o rendimento industrial de grãos (WAGNER et al., 2009).

Considerando os componentes diretos do rendimento de grãos, a maior disponibilidade de nitrogênio parece proporcionar o incremento do número de panículas por unidade de área, enquanto a massa de mil grãos não tem demonstrado ser modificada (CECCON et al., 2004). De acordo com Mundstock e Bredemeier (2001), o maior número de afilhos por unidade de área na aveia branca é estimulado com a aplicação de nitrogênio o mais cedo possível, de preferência na emergência das plantas ou no período que vai da emergência até emissão da 7ª folha do colmo principal, sendo observados incrementos no rendimento de grãos com a aplicação de nitrogênio inclusive ao final do período de afilhamento, mesmo quando a disponibilidade desse mineral no início do ciclo era elevada.

Em alguns trabalhos conduzidos com diferentes cultivares de aveia branca, não foram constatados efeitos da aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura sobre o desempenho na massa de hectolitro (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003a). Entretanto, Kolchinski e Schuch (2004) verificaram redução linear da massa de hectolitro dos grãos de aveia com o aumento das doses de nitrogênio. Segundo Ohm (1976), em elevados níveis de adubação nitrogenada, as plantas de aveia tendem a formar maior número de afilhos por unidade de área ou maior número de grãos por panícula, o que pode provocar o enchimento incompleto dos grãos, levando à redução da massa de hectolitro. Nesse sentido, na avaliação realizada por Ceccon et al. (2004) foi verificado o incremento no número de grãos por panícula em doses crescentes de até 60 Kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo que concentrações superiores do mineral promoveram o desempenho decrescente desse caráter.

A disponibilidade de N também promove efeitos drásticos sobre a expressão de caracteres adaptativos na cultura da aveia branca. Assim como em outros cereais, a estatura em cultivares de aveia branca está intimamente relacionada à disponibilidade de nitrogênio no ambiente de cultivo, e de forma geral é observado aumento da estatura pelo incremento das doses de nitrogênio (MARTINS et al., 2009; ALFONSO, 2004). Todavia, é constatada a existência de interação entre o nível de adubação e as constituições genéticas de aveia branca, sendo observado que os genótipos se comportam de forma diferenciada em relação à sensibilidade ao acamamento, e embora exista a tendência do acamamento ocorrer mais facilmente em plantas de maior estatura, nem todas as cultivares de aveia branca mais altas são as mais suscetíveis (ALFONSO, 2004). O nitrogênio promove o maior crescimento vegetativo das plantas e o aumento do comprimento dos entrenós, havendo o incremento do sombreamento mútuo entre as plantas, que recebem menor quantidade de radiação, modificando as propriedades biofísicas dos colmos, resultando em menor resistência ao acamamento (BERRY et al., 2000). Durante o crescimento celular, a assimilação do nitrogênio contribui para o aumento de macromoléculas e componentes celulares, importantes para a regulação dos processos metabólicos do crescimento celular, implicando no aumento de tamanho e número de células (DURZAN, 1985). A morfologia e anatomia dos colmos são fortemente afetadas pelo nitrogênio, justificando a forte relação entre o incremento da adubação nitrogenada com a maior incidência do acamamento das plantas de aveia branca. A aplicação de altos níveis de nitrogênio leva ao aumento do tamanho dos três entrenós basais em várias culturas, incluindo a aveia branca (ALFONSO, 2004). Além disso, o incremento da disponibilidade de N durante o desenvolvimento das plantas pode promover o aumento da duração dos períodos vegetativo e reprodutivo, e consequentemente elevando o ciclo de desenvolvimento da aveia branca (MARTINS et al., 2009). Dessa forma, o conhecimento do emprego correto do nitrogênio na lavoura de aveia branca pode promover a elevada qualidade e produtividade de grãos, assim como, seu fracasso, pelo potencial aumento dos

índices de acamamento e maior período de exposição das plantas às condições de ambiente potencialmente desfavoráveis.

A utilização de fungicidas na cultura da aveia branca tem sido sugerida como uma maneira de incrementar a estabilidade genotípica em ambientes com alta incidência de patógenos, reduzindo a interação genótipo vs. ambiente, além de incrementar a produtividade média de grãos nessa cultura (FEDERIZZI et al., 1993; LORENCETTI et al., 2002; LORENCETTI et al., 2004; BENIN et al., 2005b; VIEIRA et al., 2008; SCHWERTNER et al., 2009). Marchioro et al. (2001) constataram que a estratégia do uso de fungicida para o controle da ferrugem da folha não determinava o incremento do rendimento de grãos em genótipos de aveia branca que possuíam genes de resistência; por outro lado, verificaram que sua aplicação era necessária para que os genótipos suscetíveis pudessem expressar todo o seu potencial de produção. Além disso, têm sido observados efeitos benéficos com a aplicação do fungicida no controle de moléstias de parte aérea na aveia branca em relação a caracteres componentes do rendimento e da qualidade de grãos, sendo constatado o incremento na massa de mil grãos, no número de grãos por panícula, e na massa de hectolitro (VIEIRA et al., 2008; SCHWERTNER et al., 2009).

## **A interação genótipo vs. ambiente e seus efeitos na composição química e estrutural dos grãos**

A composição química e estrutural do grão de aveia é única entre os cereais, o que lhe confere grande aptidão para uso na alimentação humana e animal. O grão da aveia é formado pela casca (25-30% da massa do grão), pericarpo, testa e camada de aleurona (9%), endosperma amiláceo (63%) e pelo embrião (3%); sendo que a massa da cariopse corresponde a aproximadamente 75% da massa do grão, apresentando variações entre 65 e 80%, decorrentes de diferenças devidas ao genótipo e aos efeitos de ambiente (ZHOU et al., 1998; BUTT et al., 2008).

O conteúdo de carboidratos na aveia, incluindo celulose e

polissacarídeos não amiláceos, pode chegar a 75-80% da massa seca dos grãos, sendo o amido o componente principal (SÁ et al., 2000). O conteúdo de amido presente nos grãos de aveia branca é verificado em proporções que variam de 46,0 a 64,0% da massa da cariopse (WOOD et al., 1991; ZHOU et al., 1998).

A fração conhecida como farelo de aveia branca corresponde às camadas exteriores da cariopse do grão moído descascado, enquanto a farinha de aveia compreende a porção mais interna do grão moído. Entretanto, o farelo de aveia não revela ser estruturalmente tão distinto das demais frações do grão, como é constatado em outros cereais, como o trigo, visto que a cariopse da aveia apresenta textura com menor firmeza, e por isso não é possível efetuar a moagem em frações claramente definidas de farelo e farinha (ZHOU et al., 1999). Desta forma, o conteúdo de amido do grão de aveia tem evidenciado reduzido interesse por parte dos químicos de alimentos, uma vez que essa fração não é facilmente separada dos demais componentes químicos presentes no grão (ZHOU et al., 1998).

A aveia branca é reconhecida como um alimento funcional, em virtude dos benefícios proporcionados à saúde humana com o seu consumo regular. Essa denominação foi autorizada em 29 de junho de 1995 pelo Food and Drug Administration (FDA) - EUA, visando ao uso oficial de uma alegação oficial e rotulagem como forma de relacionar o consumo da aveia branca com a saúde (BEBER et al., 2002). Em 1997, o FDA autorizou a rotulagem de produtos à base de aveia com as seguintes informações: “dietas ricas em aveia ou farelo de aveia e pobres em gordura saturada e colesterol podem reduzir o risco de doenças coronárias” (FDA FOOD LABELING, 1997). Isso foi baseado em múltiplos estudos clínicos sobre os efeitos do consumo de aveia na redução do colesterol sérico e na consequente redução dos riscos de enfermidades cardiovasculares (McDONALD et al., 1992; ANDERSON; BRIDGES, 1993; WOOD, 1993; BELL et al., 1999; ANDON; ANDERSON, 2008; BUTT et al., 2008). Em 1999, os produtos brasileiros com rotulagem de propriedades funcionais e/ou de saúde foram reconhecidos e legalizados perante a legislação brasileira, através do estabelecimento das Resoluções ANVS/MS nº 17/99 e 19/99 (ANVISA, 2010).



A fibra alimentar no grão da aveia é constituída pela soma de polissacarídeos e lignina que não são digeridos pelas enzimas digestivas do homem (PETERSON, 1992). As fibras podem ser classificadas quanto a sua solubilidade em água em fibras solúveis e insolúveis, sendo os efeitos fisiológicos das fibras solúveis diferentes em relação aos proporcionados pelas fibras insolúveis. A concentração da fibra alimentar total no grão da aveia branca varia entre 9,6 e 14,6%, e é dependente dos genótipos, dos efeitos do ambiente de cultivo, e também apresenta variação conforme o método de determinação adotado (MANTHEY et al., 1999; GUTKOSKI; TROMBETTA, 1999; SILVA; CIOCCA, 2005). A fibra alimentar solúvel está presente na cariopse em concentrações variáveis de 2,3 a 7,3% (MANTHEY et al., 1999; GUTKOSKI; TROMBETTA, 1999; SILVA; CIOCCA, 2005), sendo composta por pectinas solúveis, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses (BUTT et al., 2008). Estas, quando ingeridas, formam soluções viscosas que auxiliam na diminuição da velocidade de trânsito intestinal, retardando o esvaziamento gástrico, e reduzem a absorção de glicose e colesterol no intestino (ANDERSON, 1985; WISKER, 1985; ANDERSON; CHEN, 1986). Enquanto isso, a fração insolúvel das fibras alimentares é observada na cariopse em teores que variam de 4,9 a 9,2% (MANTHEY et al., 1999; GUTKOSKI; TROMBETTA, 1999; SILVA; CIOCCA, 2005), composta por lignina, pectinas insolúveis, celulose e hemiceluloses insolúveis (BUTT et al., 2008). Geralmente apresentam elevada capacidade de reter água, auxiliando com o aumento do volume e a frequência fecal, acelerando o trânsito intestinal, e assim contribuem com a prevenção de doenças do trato gastrointestinal, incluindo o câncer de cólon (ANDERSON, 1985; McDONALD et al., 1992).

A fração  $\beta$ -glucana no grão caracteriza um componente pertencente a ambas as frações de fibras alimentares, solúveis e insolúveis (MANTHEY et al., 1999). O teor de  $\beta$ -glucana na cariopse, juntamente com o teor de proteína e lipídeos, caracterizam os componentes de qualidade química do grão de aveia branca de grande importância à saúde humana, merecendo a atenção do programas de melhoramento dessa espécie que buscam a seleção de genótipos elite produtores de grãos destinados à alimentação humana.

Os primeiros estudos científicos da fração  $\beta$ -glucana foram efetuados com a cultura da cevada (*Hordeum vulgare*), estimulados pela influência dessas fibras na elaboração e na qualidade da cerveja. Durante a fabricação da cerveja, a hidrólise incompleta das  $\beta$ -glucanas prejudica o processo de filtração do produto, tornando-o escuro e afetando sua qualidade (FRANCISCO; SÁ, 2001). Nesse sentido, grandes esforços têm sido realizados para tentar diminuir esse problema, principalmente através do melhoramento genético que visa à obtenção de novas variedades de cevada com teores reduzidos de  $\beta$ -glucanas (SILVA et al., 2006).

A  $\beta$ -glucana [(1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucana] corresponde a um polissacarídeo linear não amiláceo componente da parede celular, pertencente ao grupo das hemiceluloses, formado por unidades compostas por uma mistura de ligações 1-4-O (70%) e ligações 1-3-O (30%)  $\beta$ -D-glicopiranosil não ramificadas (BUTT et al., 2008). Sua maior concentração no grão é vista nas paredes celulares das camadas adjacentes às células da aleurona, do endosperma amiláceo adjacente ao embrião e da camada de aleurona (WOOD; BEER, 2000).

As propriedades hipocolesterolêmicas em animais e humanos proporcionadas pelo consumo regular da aveia branca são atribuídas principalmente às  $\beta$ -glucanas. As  $\beta$ -glucanas atuam na redução dos níveis de colesterol sanguíneo e alteram favoravelmente a razão de lipoproteínas HDL/LDL em indivíduos hipercolesterolêmicos, promovem a redução da absorção de glicose em diabéticos, e agem como protetores do desenvolvimento de doenças gastrointestinais, como o câncer de cólon (McDONALD et al., 1992; ANDERSON; BRIDGES, 1993; WOOD, 1993; BELL et al., 1999; ANDON; ANDERSON, 2008; BUTT et al., 2008). Dessa maneira, elevados teores de  $\beta$ -glucana são buscados em genótipos de aveia branca destinados à alimentação humana. Ao mesmo tempo, reduzidos teores são ideais quando os grãos são destinados à alimentação animal, uma vez que pesquisas demonstram que o arraçoamento de animais monogástricos baseado em grãos de aveia pode promover a perda de massa corporal em virtude das propriedades hipocolesterolêmicas dessa cultura (WOOD et al., 1993).

A fração de  $\beta$ -glucana é vista nos grãos de alguns cereais adotados na alimentação humana e animal, sendo que a definição de seu conteúdo é variável conforme a espécie, o genótipo, os efeitos do ambiente de cultivo, e a fração do grão adotada para a confecção dos alimentos. Seu conteúdo na cariopse do grão da cevada (*Hordeum vulgare*) varia de 3% a 11%; enquanto na aveia branca (*Avena sativa*) está presente em teores de 3% a 7%, o centeio (*Secale cereale*) apresenta concentrações de 1% a 2%, e está presente em teores menores que 1% na cariopse do trigo (*Triticum aestivum*) e em teores desprezíveis no milho, sorgo, arroz e outros cereais de importância alimentar (WOOD; BEER, 2000).

Em virtude da concentração variável da  $\beta$ -glucana ao longo do grão, diferentes conteúdos são observados com a análise de distintas frações do grão de aveia. Avaliando cultivares canadenses de aveia branca, Wood et al. (1991) observaram teores de  $\beta$ -glucana variando de 3,91% a 6,82% na cariopse, enquanto no farelo foram constatados conteúdos de 5,81% a 8,89%. Nesse sentido, estudando a concentração de  $\beta$ -glucana em produtos resultantes de diferentes etapas do processamento dos grãos da cultivar de aveia branca IAC 7, Sá et al. (2000) verificaram a concentração de 5,11% de  $\beta$ -glucana na cariopse, 4,67% na cariopse tostada, e de 5,09 a 5,65% em flocos de diferentes tamanhos, enquanto no farelo foi constatado o teor médio de 9,51% e na farinha 3,74% de  $\beta$ -glucana. Concordando com esses resultados, Fujita e Figueroa (2003) verificaram concentrações entre 5,33% e 7,56% de  $\beta$ -glucana em amostras comerciais de flocos de aveia branca, e na amostra de farelo analisada constaram 9,68% de  $\beta$ -glucana, e na farinha de aveia 3,82%.

O conteúdo de  $\beta$ -glucana no grão de aveia parece ser controlado por muitos genes, contudo de efeito predominantemente aditivo (HOLTHAUS et al., 1996; CERVANTES-MARTINEZ et al., 2001). Dessa forma, Cervantes-Martinez et al. (2001) acreditam que a seleção para teores maiores e menores de  $\beta$ -glucana no grão na cultura da aveia branca apresenta grandes chances de sucesso, e sugerem que a seleção recorrente intrapopulacional representa ser um método eficiente para o acúmulo de alelos aditivos favoráveis.

Sá et al. (2000) e Beber et al. (2002) verificaram teores médios de 4,89% e 4,52 % de  $\beta$ -glucana no grão, respectivamente, em cultivares brasileiras de aveia branca cultivadas em diferentes ambientes no Sul do Brasil. Resultados similares foram observados com a condução de linhagens e cultivares de aveia branca em distintos ambientes de cultivo nos Estados Unidos da América, onde Lim et al. (1992) verificaram a média de 5,06% de  $\beta$ -glucana no grão com a avaliação de 102 linhagens de aveia branca conduzidas em dois anos de cultivo. No mesmo país, Doeblert et al. (2001) constataram o desempenho médio de 5,03% de  $\beta$ -glucana no grão com a condução de doze cultivares de aveia branca cultivadas em doze ambientes distintos (quatro locais vs. três anos).

Os efeitos de ambiente demonstram ser expressivos sobre a definição do conteúdo de  $\beta$ -glucana no grão da aveia branca (LIM et al., 1992; KIANIAN et al., 2000; DOEHLERT et al., 2001; BEBER et al., 2002; SAASTAMOINEN et al., 2004). Trabalhos desenvolvidos no Brasil e em outros países citam a existência de interação entre os fatores de tratamento genótipo, local e ano de cultivo (BEBER et al., 2002; SAASTAMOINEN et al., 2004; CRESTANI et al., 2010) e genótipo vs. ano na expressão fenotípica do conteúdo de  $\beta$ -glucana no grão (LIM et al., 1992; SÁ et al., 2000), sendo observado o comportamento variável dos genótipos com a modificação das condições de ambiente. Muitos autores sugerem que grande parte da expressão fenotípica seja de natureza genética, com efeitos de ambiente relativamente menores sobre a definição do caráter, em virtude dos genótipos de aveia branca testados apresentarem ranqueamento relativamente constante ao longo dos diferentes ambientes testados (LIM et al., 1992; HOLTHAUS et al., 1996; CRESTANI et al., 2010). A grande dificuldade está na eleição de quais as características do ambiente que realmente interferem de forma significativa sobre a definição fenotípica do conteúdo de  $\beta$ -glucana no grão, assim como o tipo de efeito que promovem. O incremento do nível de adubação nitrogenada em condições de ambiente controlado (WELCH et al., 1999) e a aplicação de ureia via adubação foliar (WEIGHTMAN et al., 2001) proporcionou o aumento no conteúdo de  $\beta$ -glucana no grão em aveia; contudo, em outros trabalhos não foram verificados efeitos de grande magnitude sobre esse caráter com a disponibilização de diferentes níveis de

nitrogênio durante o cultivo da aveia branca (HUMPHREYS et al., 1994; SAASTAMOINEN, 1995; SAASTAMOINEN et al., 2004).

Temperaturas altas no período de desenvolvimento demonstram elevar o conteúdo de  $\beta$ -glucana no grão em aveia branca (SAASTAMOINEN et al., 1992; MILLER et al., 1993; SAASTAMOINEN, 1995), enquanto elevadas precipitações durante esse período parecem promover sua redução (MILLER et al., 1993). A mudança do período de semeadura também parece interferir na definição desse caráter, sendo que Humphreys et al. (1994) constataram interações significativas entre cultivar e época de semeadura, em que as cultivares responderam diferentemente com a mudança da época de semeadura quanto ao conteúdo de  $\beta$ -glucana no grão.

Em geral, a aveia branca apresenta elevado teor de proteína no grão, apresentando excelente valor nutritivo em virtude do perfil de aminoácidos balanceados e alta digestibilidade (PEDÓ et al., 1999; BEBER et al., 2002). Na literatura, são observados conteúdos de proteína na cariopse em cultivares de aveia branca variando de 9,0 a 25,0% (HUMPHREYS et al., 1994; ZHOU et al., 1998; BEBER et al., 2002).

Avaliando a concentração de proteína na cariopse em cultivares e linhagens de aveia branca cultivadas em diferentes locais e anos de cultivo, Milach et al. (2000) encontraram o valor médio de 12,33% de proteína na cariopse, com concentrações entre 9,5% e 16,9 % com a condução das cultivares em dois locais e em dois anos de cultivo. Enquanto isso, Beber et al. (2002) observaram o desempenho médio igual a 16,80% de proteína na cariopse, sendo que as cultivares apresentaram concentrações variando de 12,50% a 22,50% ao longo do cultivo em três locais em dois anos consecutivos. Nessas avaliações, foram verificados efeitos do ano e do local sobre o comportamento dos genótipos em ambas as condições, nas quais os genótipos de aveia branca evidenciaram grande diferença de comportamento ao longo dos distintos anos e locais de cultivo, refletindo na interação significativa entre os fatores de tratamento cultivar, local e ano.

Trabalhos têm demonstrado que a aplicação de nitrogênio em

cobertura proporciona o aumento da concentração média de proteína no grão na aveia branca; entretanto, os genótipos respondem diferentemente ao nitrogênio nessa espécie, revelando a interação significativa entre os genótipos e os diferentes níveis de nitrogênio testados (OHM, 1976; HUMPHREYS et al., 1994; KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003a; KOLCHINSKI; SCHUCH, 2004). Além disso, interações entre genótipo e época de semeadura foram observadas, sendo que o retardo na semeadura proporcionou o aumento da concentração média de proteína no grão em cultivares de aveia branca conduzidas no Canadá (HUMPHREYS et al., 1994).

A concentração da proteína no grão de aveia também representa ser variável conforme a fração avaliada. Fujita e Figueroa (2003) verificaram variações nas concentrações de proteína em amostras de produtos comerciais à base de aveia processados em diferentes frações, sendo observadas concentrações variando de 12,73% a 14,88% em amostras de flocos de aveia, enquanto na amostra de farelo foi constatado o teor de 16,05%, e na farinha de aveia 12,32%.

A aveia branca apresenta os maiores teores de lipídeo entre os cereais de inverno, que se encontram distribuídos por toda a cariopse em concentrações variando de 2,5 a 11,8% em cultivares dessa espécie, constituído predominantemente por ácidos graxos insaturados, contendo quantidades consideráveis dos ácidos linoleico e oleico, e apresenta propriedades antioxidantes (WEBSTER, 1986; HUMPHREYS et al., 1994; ZHOU et al., 1998; ZHOU et al., 1999; BEBER et al., 2002). Assim como o conteúdo de proteína, o teor de lipídeos no grão de aveia é dependente do genótipo e dos efeitos do ambiente de cultivo, e também do método de análise adotado (MATZ, 1991; ZHOU et al., 1999; BEBER et al., 2002).

O sabor e o cheiro característicos de produtos típicos à base de aveia são resultado dos produtos da oxidação dos lipídeos e de componentes N-heterocíclicos formados durante o processo de aquecimento das cariopses durante seu processamento (HEYDANEK; MCGORRIN, 1986). Entretanto, Zhou et al. (1999) ressalta que o lipídeo presente no grão da aveia geralmente está associado com os aspectos negativos do sabor e do cheiro apresentados pelos alimentos que têm

a aveia como base.

Elevados teores de lipídeos no grão de aveia são almejados quando esses são destinados à alimentação animal, pelo elevado conteúdo calórico; em contrapartida, quando destinados à alimentação humana, menores concentrações são buscadas (ZHOU et al., 1999). Teores reduzidos de lipídeos no grão proporcionam menores dificuldades no processamento, menor conteúdo calórico, e diminuição do potencial de rancificação, que é desencadeada pela ação de enzimas (lipases) que são ativadas com o descasque ou moagem dos grãos (BAKER; MCKENZIE, 1972; PRICE; PARSONS, 1975).

Schipper e Frey (1991) obtiveram via seleção recorrente genótipos de aveia branca apresentando teores superiores a 16,0% de lipídeo na cariopse, enquanto que Hartunian-Sowa e White (1992) verificaram linhas puras contendo concentrações de até 15,5% de lipídeo na cariopse. Em cultivares brasileiras de aveia branca, Beber et al. (2002) constataram concentrações de lipídeo na cariopse variando de 4,5% a 10,3%, e verificaram a significativa interação entre os fatores de tratamento cultivar, local e ano de cultivo na definição do caráter, sendo observada grande variação no desempenho das cultivares nos diferentes ambientes testados.

Apesar da distribuição dessa fração ao longo do grão, amostras de produtos comerciais à base de aveia processados em diferentes frações demonstraram diferentes concentrações de lipídeos, sendo que Fujita e Figueroa (2003) observaram concentrações variando de 6,32% a 8,96% em amostras de flocos de aveia, enquanto que na amostra de farelo de aveia foi constatado o teor igual a 7,13%, e na farinha igual a 10,03%. Esses resultados concordam com as avaliações realizadas por Youngs et al. (1977), os quais verificaram que em torno de 53,3% do lipídeo presente na cariopse de aveia está presente no endosperma amiláceo em complexos amido-lipídeo, 38,2% está localizado no farelo, 6,4% no escutelo e 2,1% no eixo embrionário.

Estudos sobre a herança do caráter porcentagem de lipídeo no grão indicam que seu governo parece ser de natureza poligênica, e que existe uma tendência para a elevada porcentagem de lipídeo

ser determinada predominantemente por genes com efeito de dominância parcial (ZHOU et al., 1999). Padrões de herança para o teor de ácido linolênico sugerem que o controle gênico apresenta efeito aditivo, enquanto que os conteúdos de ácido oleico e linoleico são controlados, principalmente, por um ou mais genes com dominância parcial (KAROW; FORSBERG, 1984).

Gullord (1980) observou correlações positivas significativas entre o conteúdo de lipídeos e a produtividade de grãos em aveia, enquanto que Brown e Craddock (1972) constataram correlações positivas entre o teor de lipídeo e a massa da cariopse. Todavia, Forsberg et al. (1974) verificaram resultados contrários, constatando correlações negativas entre o conteúdo de lipídeo no grão e a produtividade e massa de cariopse em grãos de aveia. Além disso, avaliações demonstram que o conteúdo de lipídeos pode apresentar correlações negativas com a concentração de proteína no grão dessa espécie (NIK-KHAH et al., 1972). Nesse sentido, Humphreys et al. (1994) constataram interações entre doses de nitrogênio, cultivar e época de semeadura em relação à concentração de lipídeo na cariopse, em que a aplicação de nitrogênio em cobertura e o retardo da data de semeadura proporcionaram a redução da sua concentração média em cultivares de aveia branca conduzidas no Canadá. A síntese de lipídeos no grão de aveia também é afetada pela temperatura no período de desenvolvimento, sendo que temperaturas baixas nesse período estão relacionadas com o aumento no conteúdo dos ácidos oleico e linoleico, e redução dos teores dos ácidos esteárico e palmítico (BERINGER, 1971a, 1971b; SAASTAMOINEN et al., 1989). Aliado a isso, a síntese e o nível de insaturações de lipídeos insaturados presentes na cariopse de aveia são incrementados com a ocorrência de baixas temperaturas (THRO et al., 1985). Entretanto, a maioria dos estudos indica que os efeitos do ambiente de cultivo, compreendidos pelas características do local e ano, assim como pelo manejo das cultivares de aveia branca, são relativamente menores sobre a definição do conteúdo de lipídeos totais em relação aos efeitos decorrentes da constituição genética (ZHOU et al., 1999).

O teor de cinzas ou matéria mineral presente na cariopse do grão de aveia branca contempla sua fração inorgânica composta por



minerais. Peterson et al. (1975) verificaram teores consideráveis de fósforo, cálcio, potássio, cobre, manganês, ferro, sódio e magnésio presentes na cariopse. Entretanto, apesar da importância de muitos desses minerais na alimentação humana e animal, seu conteúdo no grão não tem sido considerado como caracteres alvo de seleção pelos programas de melhoramento dessa espécie, tanto no Brasil quanto em nível mundial.

## **Considerações finais**

Grandes resultados foram obtidos pelos programas de melhoramento genético da aveia branca no Brasil nos últimos 50 anos. Em aproximadamente cinco décadas de pesquisas e trabalhos com essa cultura, é possível afirmar que atualmente se tem um tipo de planta bastante modificado em relação às primeiras cultivares introduzidas e lançadas em escala comercial no Brasil. A partir de genótipos com características de planta essencialmente forrageira, conseguiu-se desenvolver cultivares com biótipo agrônômico de planta produtora de grãos, que evidenciam elevado potencial produtivo e qualidade de grãos, altamente ajustadas aos ambientes de cultivo brasileiros.

As combinações genéticas eficientes obtidas através de processos de hibridações artificiais entre genótipos de interesse, associadas à eficiente seleção de plantas, permitiram o alcance da excelência no processo de melhoramento da aveia branca para grão, refletido pela elevada qualidade e potencial produtivo das atuais constituições genéticas de aveia branca cultivadas no Sul do Brasil.

Em virtude da elevada demanda por grãos de aveia e da maior estruturação do setor industrial, existe a expectativa de que renovações ocorram no melhoramento da aveia branca no Brasil, caracterizadas pela adoção de novos atributos do grão como alvo de seleção, e assim permitam o desenvolvimento de outras cultivares que venham a contemplar as necessidades dos diferentes nichos de mercado nacional.

A busca por genótipos que evidenciem elevada qualidade de grãos

para uso industrial, associada à qualidade química de cariopse, principalmente em relação ao conteúdo de proteínas, lipídeos e  $\beta$ -glucanas, possivelmente marcará uma nova fase no melhoramento genético desta cultura. Entretanto, será necessária a estruturação dos programas, a fim de permitir a realização de análises com rapidez e reduzido custo, garantindo a eficiência do programa, e consequentemente levando à obtenção de ganhos genéticos expressivos nos caracteres de interesse.

## Referências

ALFONSO, C. W. **Características biométricas de colmos e raízes de plantas de cevada e aveia relacionadas à suscetibilidade ao acamamento**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ANDERSON, J. W. Physiological and metabolic effects of dietary fiber. **Federation Proceedings**, Washington, v. 44, n. 14, p. 2902-2906, 1985.

ANDERSON, J. W.; BRIDGES, S. R. Hypocholesterolemic effects of oat bran in humans. In: WOOD, P. J. (Ed.). **Oat Bran**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 139-157.

ANDERSON, J. W.; CHEN, W. L. Cholesterol-lowering properties of oat products. In WEBSTER, F. H. (Ed.). **Oats, chemistry and technology**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 309-333.

ANDON, M. B.; ANDERSON, J. W. A. The oatmeal-cholesterol connection: 10 year later. **American Journal of Lifestyle Medicine**, v. 2, n. 1, p. 55-57, 2008.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Comissões Tecnocientíficas de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos**. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno\\_bk.htm#RESOLUÇÕES ANVS/MS n.º 16, 17, 18 e 19/99](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_bk.htm#RESOLUÇÕES%20ANVS/MS%20n.º%2016,%2017,%2018%20e%2019/99)>. Acesso em: 01 ago. 2010.

BAKER, R. J.; MCKENZIE, R. I. H. Heritability of oil content in oats. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 201 - 202, 1972.

BARBOSA NETO, J. F.; MATIELLO, R. R.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, J. M. S.; PEGORARO, D. G.; SCHNEIDER, F.; SORDI, M. E. B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1605-1612, 2000.

BEBER, R. C.; DE FRANCISCO, A.; ALVES, A. C.; SÁ, R. M.; OGLIARI, P. Caracterização química de genótipos brasileiros de aveia (*Avena sativa* L.). **Acta Científica Venezolana**, Caracas, v. 53, n. 3, p. 202-209, 2002.

BELL, S.; GOLDMAN, V. M.; BISTRIAN, B. R.; ARNOLD, A. H.; OSTROFF, G.; FORSE, R. A. Effect of  $\beta$ -glucan from oats and yeast on serum lipids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 39, n. 2, p. 189-202, 1999.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; HATWIG, I.; SCHMIDT, D.; VIEIRA, E. A.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, J. A. G. Estimativas de correlações genotípicas e de ambiente em gerações como elevada frequência de heterozigotos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 523-529, 2005a.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; LORENCETTI, C.; VIEIRA, E. A.; COIMBRA, J. L. M.; VALÉRIO, I. P.; FLOSS, E. L.; BERTAN, I.; SILVA, G. O. Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 295-302, 2005b.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A. J.; SILVA, J. A. G.; CARGNIN, A.; SIMIONI, D. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n.1, p. 09-16, 2003.

BERINGER, H. An approach to the interpretation of the effect of temperature on fatty acid biosynthesis in developing seeds. **Z. Pflanzenernaehr**, v. 128, p. 115 - 122, 1971a.

BERINGER, H. Influence of temperature and seed ripening on the in vivo incorporation of carbon-14C dioxide into the lipids of oat grains. **Plant Physiology**, v. 48, p. 433 - 436, 1971b.

BERRY, P. M.; GRIFFIN, J. M.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; SCOTT, R. K.; SPINK, J. H.; BAKER, C. J.; CLARE, R. W. Controlling plant form through husbandry to minimise lodging in wheat. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 59-81, 2000.

BOERGER, A. **Investigaciones Agronomicas**. Montevideo: A. Bamiro & Ramos, 1943. v. 3.

BOTHONA, C. R. A. **Qualidade do grão de aveia: características físicas e regiões genômicas associadas**. 1997. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BOTHONA, C. R. A.; MILACH, S. C. K.; THOMÉ, G. H.; CABRAL, C. B.; TISIAN, L. M.; MELLOS, G. O. Critérios para avaliação da morfologia do grão de aveia para o melhoramento genético da qualidade física. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 613-618, 1999.

BROWN, C. N.; CRADDOCK, J. C. Oil content and groat weight of entries in the world oat collection. **Ibid.**, v. 12, p. 514 - 515, 1972.

BUTT, M. S.; TAHIR-NADEEM, M.; KHAN, M. K. I.; SHABIR, R.; BUTT, M. S. A. Oat: unique among the cereals. **European Journal of Nutrition**, v. 47, n. 2, p. 68-79, 2008.

CAIERÃO, E.; CARVALHO, F. I. F.; PACHECO, M. T.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V. S.; SILVA, J. A. G. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 231-236, 2001.

CARVALHO, F. I. F.; BARBOSA, J. F.; FLOSS, E. L.; FERREIRA-FILHO, A. W.; FRANCO, F. A.; FEDERIZZI, L. C.; NODARI, R. O. Potencial genético da aveia como produtora de grãos no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 71-82, 1987.

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142 p.

CECCON, G.; GRASSI FILHO, H.; BICUDO, S. J. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1723-1729, 2004.

CERVANTES-MARTINEZ, C. T.; FREY, K. J.; WHITE, P. J.; WESENBERG, D. M.; HOLLAND, J. B. Selection for greater  $\beta$ -glucan content in oat grain. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1085-1091, 2001.

CHANDHANAMUTTA, P.; FREY, K. J. Indirect mass selection for grain yield in oat populations. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 4, p. 470-473, 1973.

CHAPKO, L. B.; BRINKMANN, M. A. Interrelationships between panicle weight, grain yield and grain yield components in oat. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 4, p. 878-882, 1991.

COFFMAN, F. A. **Oats and oats improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1961. 650 p.

CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; BARBIERI, R. L.; BARETTA, D. Conteúdo de  $\beta$ -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 261-268, 2010.

CRESTANI, M.; SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; HARTWIG, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; ZANATTA, O.; CERIOLO, M.; BARETA, D. Correlação fenotípica entre caracteres componentes do rendimento de grãos e rendimento industrial em genótipos de aveia branca. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 28., 2008, PELOTAS. **Resultados Experimentais**. Pelotas: UFPel, 2008. p. 124-127.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

DOEHLERT, D. C.; McMULLEN, M. S.; BAUMANN, R. R. Factors affecting groat percentage in oat. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1858-1865, 1999.

DOEHLERT, D. C.; McMULLEN, M. S.; HAMMOND, J. J. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1066-1072, 2001.

DURZAN, D. J. Nitrogen metabolism and vegetative propagation of forest trees. In: BONGA, J. M.; DURZAN, D. J. (Ed.). **Tissue culture in forestry**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1985. p. 256-324.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Harlow: Longmans, 1996. 464 p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of The United Nations data. **Production/Crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

FDA FOOD LABELING. Health claims: oats and coronary disease. **Federal Register**, v. 62, n. 15, p. 3583-3601, 1997.

FEDERIZZI, L. C.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. C.; VIAU, L. V. M.; SEVERO, J. L.; FLOSS, E. L.; ALVES, A.; ALMEIDA, J.; SILVA, A. C. Estabilidade do rendimento de grãos em aveia: efeito do uso de fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 465-472, 1993.

FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; PACHECO, M. T.; BARBOSA NETO, J. F.; SERENO, M. J. C. M. Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 141-169.

FEIL, B. Breeding progress in small grain cereals: a comparison of old and modern cultivars. **Plant Breeding**, Berlin, v. 108, p. 1-11, 1992.

FLOSS, E. L.; HAUBERT, S. A.; ZANATTA, F. S. Rendimento corrigido pela qualidade industrial de grãos de aveia – Avenacor. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: UPF, 2002. p. 553-558.

FLOSS, E. L.; SOUZA, J. L.; FLOSS, L. G. Frequência de grãos terciários em genótipos de aveia branca. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados Experimentais**. Pelotas: UFPEL, 2000. p. 17-26.

FORSBERG, R. A.; YOUNGS, V. L.; SHANDS, H. L. Correlations among chemical and agronomic characteristics in certain oat cultivars and selections. **Crop Science**, Madison, v. 14, p. 221 - 224, 1974.

FRANCISCO, A.; SÁ, R. M. Beta-glucanas: localização, propriedades e utilização. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA E. W.; MENEZES E. W. (Ed.). **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p. 91-101.

FUJITA, A. H.; FIGUEROA, M. O. R. Composição centesimal e teor de b-glucanas em cereais e derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 116-120, 2003.

GRAFIUS, J. E. Multiple characters and correlated response. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 931 - 934, 1978.

GULLORD, M. Oil and protein content and its relation to other characters in oats (*Avena* sp.). **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v. 30, p. 216 - 218, 1980.

GUTKOSKI, L. C.; TROMBETTA, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de Beta-glicanas em cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 387-390, 1999.

HARTUNIAN-SOWA, M.; WHITE, P. J. Characterization of starch isolated from oat groats with different amount of lipid. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 69, p. 521-527, 1992.

HARTWIG, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; BERTAN, I.; SILVA, G. O.; VALÉRIO, I. P.; SCHMIDT, D. A. M. Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamento dialélicos de aveia branca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 273-278, 2006.

HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, G. O.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; SILVEIRA, G. Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos da aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 337-345, 2007.

HEYDANEK, M. G. J.; MCGORRIN, R. J. Oat flavor chemistry: principles and prospects. In: WEBSTER, F.H. (Ed.). **Oats: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal, 1986. p. 335-369.

HOLDEN, J. H. W. Oats. *Avena* spp. (Gramineae - Aveneae). In: SIMMONDS, N. W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. New York: Longman, 1979. 339 p.



HOLTHAUS, J. F.; HOLLAND, J. B.; WHITE, P. J.; FREY, K. J. Inheritance of  $\beta$ -glucan content of oat grain. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 567-572, 1996.

HUMPHREYS, D. G.; SMITH, D. L.; MATHER, D. E. Nitrogen fertilizer and seeding date induced changes in protein, oil and  $\beta$ -glucan contents of four oat cultivars. **Journal of Cereal Science**, London, v. 20, p. 283-290, 1994.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 11-19, 2000.

KAROW, R. S.; FORSBERG, R. A. Oil composition in parental, F1 and F2 populations of two oat crosses. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 629 - 632, 1984.

KELLER, M.; KARUTZ, C.; SCHMID, J. E.; STAMP, P.; WINZELER, M.; KELLER, B.; MESSMER, M. M. Quantitative trait loci for lodging resistance in a segregating wheat x spelt population. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 98, n. 6-7, p. 1171-1182, 1999.

KIANIAN, S. F.; PHILLIPS, R. L.; RINES, H. W.; FULCHER, R. G.; WEBSTER, F. H.; STUTHMAN, D. D. Quantitative trait loci influencing  $\beta$ -glucan content in oat (*Avena sativa*, 2n=6x=42). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 101, p. 1039-1048, 2000.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Atributos de desempenho industrial e qualidade de sementes em aveia branca em função da disponibilização da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 587-589, 2003a.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 1033-1038, 2003b.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 379-383, 2004.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; CARGNIN, A.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C. Coeficiente de correlação entre caracteres agronômicos e de qualidade de grão e sua utilidade na seleção de plantas em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 371-376, 2002a.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Fatores genéticos relacionados com a expressão do caráter percentual de cariopse em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 751-756, 2002b.

LIM, H. S.; WHITE, P. J.; FREY, K. J. Genotypic effects on  $\beta$ -glucan content of oat lines grown in two consecutive years. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 69, n. 3, p. 262-265, 1992.

LORENCETTI, C. **Capacidade combinatória de genitores e suas implicações no desenvolvimento de progênies superiores em aveia (*Avena sativa* L.)**. 2004. 102 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pelotas.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F.; ALMEIDA, J. L.; MARCHIORO, V. S.; BENIN, G.; HARTWIG, I. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grão em aveia hexaplóide. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 8, n. 1-2, p. 83-91, 2002.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F.; ALMEIDA, J. L.; MARCHIORO, V. S.; BENIN, G.; OLIVEIRA, A. C.; FLOSS, E. L. Implicações da aplicação de fungicida na adaptabilidade e estabilidade de rendimento grãos em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 693-700, 2004.

MANTHEY, F. A.; HARELAND, G. A.; HUSEBY, D. J. Soluble and insoluble dietary fiber content and composition in oat. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 76, n. 3, p. 417 - 420, 1999.

MARCHIORO, V. S.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; KUREK, A. J.; LORENCETTI, C.; SILVA, J. A. G.; CARGNIN, A. Estratégias para a modificação do potencial de rendimento de grãos de genótipos de aveia: época de semeadura e aplicação de fungicida. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 33-36, 2001.

MARCHIORO, V. S.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; SILVA, J. A. G.; KUREK, A.; HARTWIG, I. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 323-328, 2003.

MARIOT, M. P.; SERENO, M. J. C. M.; FEDERIZZI, L. C.; CARVALHO, F. I. F. Herança da estatura de planta e do comprimento da panícula principal no cruzamento entre *Avena sativa* L. e *Avena sterilis* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 77-82, 1999.

MARTINS, J. A. K.; GAVIRAGUI, F.; WAGNER, J. F.; ZAMBONATO, F.; VALENTINI, A. P. F.; BATTISTI, G. K.; SILVAR, A. J.; MATTER, E.; MATTIONI, T.; SILVEIRA, R. B.; GARCIA, D. C.; SILVA, J. A. G. Avaliação da expressão dos caracteres adaptativos em aveia branca sob distintos ambientes de cultivo e épocas de aplicação de nitrogênio. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 2009, 29., Porto Alegre. **Resultados Experimentais**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 83-85.

MATZ, S. A. **The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed**. 2<sup>nd</sup>. ed. New York: AVI, 1991. p. 108-124.

McDONALD, A.; SHINNICK, F.; INK, S. Review of the effects of oats on human health. In: BARR, A. R. (Ed.). **The changing role of oats in human and animal nutrition**. Australia: Adelaide, 1992. v. 1, p. 1-8. Proceedings of the Fourth International Oat Conference.

MILACH, S. C. K.; RINES, H. W. Inheritance of a new dwarfing gene in oat. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 356-360, 1998.

MILACH, S. C. K.; TISIAN, L. M.; WEILER, R.; FEDERIZZI, L. C.; TEIXEIRA, M. C.; LIMBERGER, E. Conteúdo de proteína em genótipos de aveia cultivados em diferentes ambientes do sul do Brasil, In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados Experimentais**. Pelotas: UFPel, 2000. p. 141-143.

MILLER, S. S.; VINCENT, D. J.; WEISZ, J.; FULCHER, R. C. Oat  $\beta$ -glucans: an evaluation of eastern canadian cultivars and unregistered lines. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 73, p. 429-436, 1993.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

MURPHY, C. F.; FREY, K. J. Inheritance and heritability of seed weight and its components in oat. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 509-512, 1962.

NIK-KHAH, A.; HOPPNER, K. H.; SOSULSKI, F. W.; OWEN, B. D.; WU, K. K. Variation in proximate fractions and B-vitamins in Saskatchewan feed grains. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 52, p. 407-417, 1972.

OHM, H. W. Response of 21 oat cultivars to nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 773-775, 1976.

PEDÓ, I.; SGARBIERI, V. C.; GUTKOSKI, L. C. Protein evaluation of four oat (*Avena sativa* L.) cultivars adapted for cultivation in the south of Brazil. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 53, p. 297 - 304, 1999.

PERT, F. C.; FREY, K. J. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 3, p. 259-262, 1966.

PETERSON, D. M.; SENTURIA, J.; YOUNGS, V. L.; SCHRADER, L. E. Variation in elemental composition of oat groats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 23, p. 9-13, 1975.

PETERSON, M. P. Composition and nutritional characteristics oat grain and product. In: MARSHALL, H. G.; SOLLELLS, M. S. (Ed.). **Oat science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 266-287.

PINTHUS, M.J. Spread of the root system as indicator for evaluating lodging resistance of wheat. **Crop Science**, Madison, v.7, p.107-110, 1967.

PRICE, P. B.; PARSONS, J. G. Lipids of seven cereal grains. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 52, p. 490-493, 1975.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 30., 2010, São Carlos. **Resultados Experimentais**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. 404 p.

ROCHA, A. **Estudo de características de genótipos de aveia e de trigo e suas relações com a quebra de colmos**. 1996. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROMAN, E. R.; VELLOSO, J. A. R. O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Ed.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte/FUNDACEP, 1993. p. 77-84.

SÁ, R. M.; DE FRANCISCO, A.; OGLIARI, P. J.; BERTOLDI, F. C. Variação no conteúdo de beta-glucanas em cultivares brasileiros de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 99-102, 2000.

SAASTAMOINEN, M. Effects of environmental factors on the  $\beta$ -glucan content of two oat varieties. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Copenhagen, v. 45, p. 181-187, 1995.

SAASTAMOINEN, M.; KONTTURI, M.; TUURI, H.; KANGAS, M. N. A.  $\beta$ -glucan contents of groats of different oat cultivars in official variety, in organic cultivation, and nitrogen fertilization trials in Finland. **Agricultural and Food Science**, v. 13, p. 68-79, 2004.

SAASTAMOINEN, M.; KUMPULAINEN, J.; NUMMELA, S. Genetic and environmental variation in oil content and fatty acid composition of oats. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 66, p. 296-300, 1989.

SAASTAMOINEN, M.; PLAAMI, S.; KUMPULAINEN, J. Genetic and environmental variation in  $\beta$ -glucan content of oats cultivated or tested in Finland. **Journal of Cereal Science**, London, v. 16, p. 279-290, 1992.

SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 289-295, 1998.

SCHIPPER, H.; FREY, K. J. Observed gains from three recurrent selection regimes for increased groat-oil content of oat. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 1505-1510, 1991.

SCHWERTNER, D. V.; MARTINS, J. A. K.; MATTER, E.; VALENTINI, A. P. F.; BATTISTI, G. K.; WAGNER, J. F.; GAVIRAGHI, F.; BECKER, R. W.; MATTIONI, T.; CRESTANI, M.; CARBONERA, R.; SILVA, J. A. G. Efeito da presença e ausência de fungicida sobre os caracteres da panícula e do rendimento de grãos em aveia branca. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 29., 2009, Porto Alegre. **Resultados Experimentais**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 178-181.

SILVA, A. M.; AIDAR, M. P. M.; BUCKERIDGE, M. S. Caracterização parcial dos b-glucanos ao longo do desenvolvimento foliar em *Brachiaria decumbens* Stapf. **Hoehnea**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 99-105, 2006.

SILVA, L. P.; CIOCCA, M. L. S. Total, insoluble and soluble dietary fiber values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 113-120, 2005.

SOUZA, E. J., SORRELLS, M. E. Mechanical mass selection methods for improvement of oat groat percentage. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 618-623, 1988.

SYMONS, S. J.; FULCHER, R. G. Determination of wheat kernel morphological variation by digital image analysis: II. Variation in cultivars of soft white winter wheats analysis. **Journal of Cereal Science**, London, v. 8, n. 1, p. 219-229, 1988.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 499-507, 1993.

THRO, A. M.; FREY, K. J.; HAMMOND, E. G. Inheritance of palmitic, oleic, linoleic, and linolenic fatty acids in groat oil of oats. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 40-44, 1985.

VERMA, V.; WORLAND, A. J.; SAYERS, E. J.; FISH, L.; CALIGARI, P. D. S.; SNAPE, J. W. Identification and characterization of quantitative trait loci related to lodging resistance and associated traits in bread wheat. **Plant Breeding**, Berlin, v. 124, p. 234-241, 2005.

VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BENIN, G.; HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; VALÉRIO, I. P.; MARTINS, A. F.; BERTAN, I.; FINATTO, T. Repetibilidade de caracteres fenotípicos e das distâncias em aveia branca na presença e ausência de fungicida. **Científica**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 17-26, 2008.

WAGNER, J. F.; VALENTINI, A. P. F.; BATTISTI, G. K.; ZAMBONATO, F.; GAVIRAGHI, F.; MARTINS, J. A.; SILVA, A. J.; MATTIONI, T.; CRESTANI, M.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERTO, J. L.; SILVA, J. A. G. Desempenho de componentes da qualidade industrial em aveia pelo emprego de distintas fontes de adubação nitrogenada e da cobertura vegetal remanescente. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 29., 2009, Porto Alegre. **Resultados Experimentais**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 60-63.

WEBSTER, F. H. **Oats: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. 433p.

WEIGHTMAN, R. M.; SOUTH, J. B.; LAVERICK, R. Manipulation of oat  $\beta$ -glucan content using foliar urea. In: EUROPEAN CONFERENCE ON FUNCTIONAL PROPERTIES IN OATS, 3. Uppsala. **Final program and abstracts**. p. 49, 2001.

WELCH, R. W.; LEGGETT, J. M.; LLOYD, J. D. Variation in the kernel (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glucan content of oat cultivars and wild *Avena* species and its relationship to other characteristics. **Journal of Cereal Science**, London, v. 13, p. 173-178, 1991.

WISKER, E.; FELDHEIM, W.; POMERANZ, Y.; MEUSER, F. Dietary fiber in cereals. In: Pomeranz, Y. (Ed.). **Advances in cereal science and technology**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. v. 7, p. 169-238.

WOOD, P.; WEISZ, J.; FEDEC, P. Potencial for  $\beta$ -glucan enrichment in brans derived from oat (*Avena sativa* L.) cultivars of different (1-3), (1-4)- $\beta$ -D-glucan concentrations. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, n. 1, p. 48-51, 1991.

WOOD, P. J. Physicochemical characteristics and physiological properties of oat (1-3),(1-4)- $\beta$ -D-Glucan. In: WOOD, P. J. (Ed.). **Oat Bran**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 83-112.



WOOD, P. J; BEER, M. U. Productos funcionales de avena. In: MAZZA, G. (Ed.). **Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado**. Zaragoza: Acribia, 2000. p. 01-38.

YOUNGS, V. L.; PÜSKÜLCÜ, M.; SMITH, R. R. Oat lipids. I. Composition and distribution of lipid components in two oat cultivars. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 54, p. 803 - 812, 1977.

ZHOU, M.; ROBARDS, K.; GLENNIE-HOLMES, M.; HELLIWELL, S. Oat lipids. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 159-169, 1999.

ZHOU, M.; ROBARDS, K.; GLENNIE-HOLMES, M.; HELLIWELL, S. Structure and pasting properties of oat starch. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 75, n. 3, p. 273-281, 1998.





---

*Clima Temperado*

CGPE 10985

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

